法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2024-07-28

シリコンマイクの光センサへの応用

石田, 龍矢 / ISHIDA, Tatsuya

(出版者 / Publisher)
法政大学大学院理工学・工学研究科
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編
(巻 / Volume)
55
(開始ページ / Start Page)
1
(終了ページ / End Page)
4
(発行年 / Year)
2014-03-24
(URL)
https://doi.org/10.15002/00010324

法政大学大学院理工学・工学研究科紀要　Vol.55 (2014 年 3 月)　　法政大学

シリコンマイクの光センサへの応用

APPLICATION TO THE LIGHT SENSOR WITH SILICON MICROPHONE

石田龍矢
Tatsuya ISHIDA
指導教員　渡邉嘉二郎教授

法政大学大学院工学研究科システム工学専攻博士課程

The objective of this paper is to detection of fire with silicon microphone.　Each year, fire incidence more than 50,000 in one year, the number of casualties also extends to about 2000 people every year. I focus on the "cigarettes" and "a gas ring" is also in the fire.　Make a light sensor silicon microphone to find them, it is possible to detect the low frequency and sound.

As a goal, I make that as an integrated sensor by using a silicon microphone.

Key Words : *silicon microphone , Photoelectric effect*

１．はじめに

高度情報化のための社会基盤の整備に伴い, センサは工場の中のみならず公共施設, 一般家庭にも多く設置されるようになってきている．セキュリティセンサ，独居老人の生存確認・健康管理センサなどがその例である．

毎年の火災発生件数は依然 1 年間で 5 万件を超え, 死傷者数は毎年約 2000 人にも及ぶという現状がある．火災の出火原因では「放火」が最も多く，出火件数の約 2 割が放火・放火の疑いが占めている．多くの出火原因について注意を払うことが重要であることは当然に, 火災の早期発見が大事であると考える．[1]

これらの予防を目的とした防犯灯・防犯センサ類の設置など放火や失火を意識した設備的な対策の検討も重要である．平成 23 年中の総出火件数 5 万 6 件のうち，出火原因別にみると，放火が 5,632 件で最も多く，次いでたばこ 4,752 件，こんろ 4,178 件の順となっている．[2]

本研究では, Knowles Electronics 社製 MEMS シリコンマイクロフォン SPU0409HD5H-PB(以下シリコンマイク)を用いて光センサを製作し, 不完全燃焼である火やタバコを計測する．また，本来計測できる音・低周波により総合センサとして使用できることを目標とする．

２．測定システム

今回使用したシリコンマイクの周波数特性は 100~10kHz を取る．シリコンマイクを用いた光センサ（以下センサとする）は図 1 に示す.

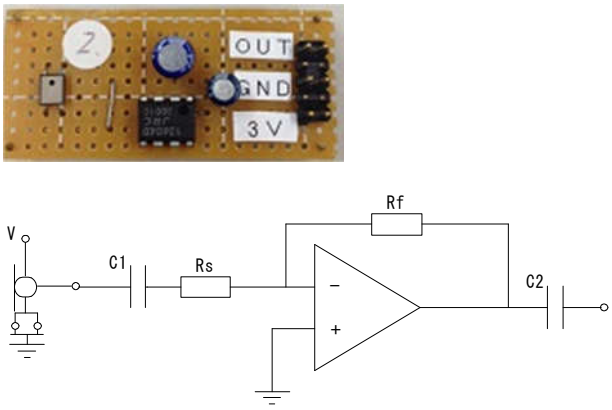

図 1　使用する光センサ

センサで使用したものはシリコンマイク(S119),
オペアンプ(13404D),
電解コンデンサ(C1=47[μF] ,C2=33[μF]),
チップ抵抗(Rf=150[kΩ],Rs=4.7[kΩ])である．入出力特性は $-\frac{Rf}{Rs}$ である．また，電源 V=3[V]とした．

このセンサでセンサから 1m 離れた声を測定した場合とドアの開閉によっての圧力変動をとると，以下のようになる．

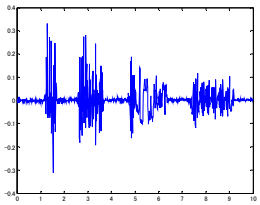

図２ 声での反応

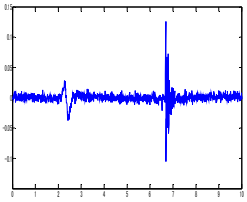

図３ ドアの開閉

３．測定原理

センサ回路に組みこんでいるシリコンマイク内の半導体や絶縁体が「光電効果」として光と反応し，測定できていると仮定して実験を進めていく．

ここで光電効果とは，内部光電効果のことを言う．

半導体や絶縁体に充分に短波長の光を照射すると，物質内部の伝導電子が増加する現象，またそれによって起こる電気伝導率が増加するなどの現象を内部光電効果と呼ぶ．半導体や絶縁体において，価電子帯や不純物準位などにある電子が光子のエネルギーを吸収し，伝導帯などへ励起される．これによって伝導電子や正孔が増加するため，導電性が増す．この時の電気伝導率の増加は，キャリアの電荷をe ，キャリアの寿命をτ ，移動度をμ ，体積・時間あたりの光子数をf ，1 光子あたりに生じるキャリア数(量子効率)をηとすると

$$\Delta\sigma = e\tau\mu\eta f \qquad (1)$$

で表される．[3]

４．実験１

４－１．実験目的

この実験ではセンサが光においてどの波長がとりやすいのか，またとりにくいのかを判断するために LED の光を測定していく．LED の種類として，紫色 405nm，青色 470nm，白色 480nm，黄色 590nm，橙色 605nm，赤色 625nm，赤外線 940nm を使用する．

４－２．実験方法

それぞれの LED を光らせてセンサで測定する．その時 LED をセンサから距離 1cm～10cm の間で動かす．

センサに電源として 3V の電源を繋ぎ，それぞれの波形を測定する． なお，今回測定する機械はキーエンス製モバイル型絶縁高電圧入力レコーダ NR-2000 を使用する．

３－４．実験結果

結果を以下で示す．グラフの縦軸を電圧[V]とし，横軸を時間[s]とする．

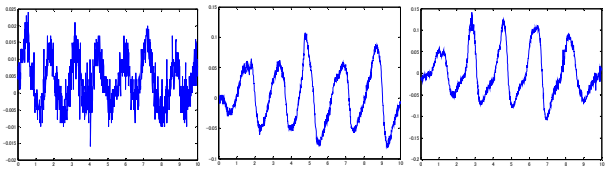

図４ 紫色 405nm・青色 470nm・白色 480nm

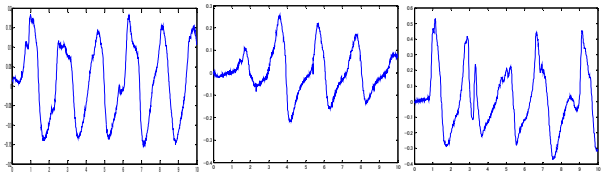

図５ 緑色 525nm・黄色 590nm・橙色 605nm

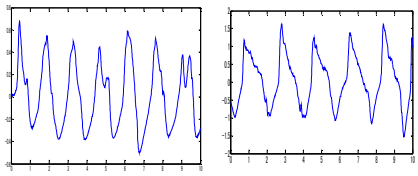

図６ 赤色 625nm・赤外線 940nm

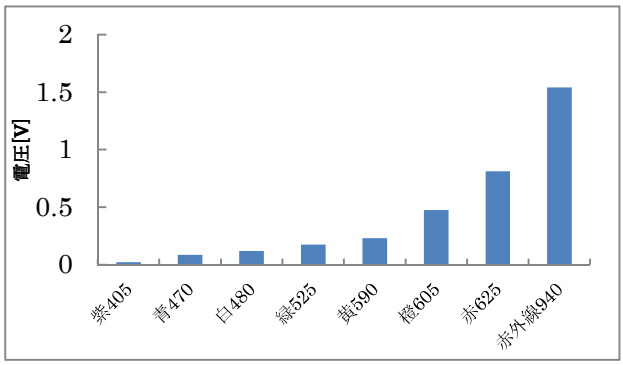

図７ 波長別平均値

４－４．考察

結果から波長が大きくなると反応する値は大きくなる．これより，赤外線や橙色・赤色によく反応すると言える．よって，コンロの不完全燃焼の火やタバコの火種に反応すると考えることができる．(これも含め実験２として行う)

５．実験２

５－１．実験目的

実験１より橙色や赤色によく反応することがわかった．このことから身近な光源を使用してどのように反応するか調べる．以下のもの使用する．

使用する光源は，　①蛍光灯（白色）②タバコの火種③ガスコンロの火(青色と橙色)④ガスコンロにやかん(橙色）である．あらかじめ不完全燃焼状態にしたガスコンロの上にやかんを置くことで実際の環境を再現し，火とセンサの角度の関係を調べる．

５－２．実験方法

それぞれの光源を光らせて(点けて)センサで測定する．

①蛍光灯とセンサの距離 2m の位置で点灯，消灯をする．

②タバコの火種とセンサの距離 50cm，100cm，200cm でタバコを吸う．

③ガスコンロの火とセンサの距離 30cm，100cm，200cm で点火をする．

④あらかじめ不完全燃焼になるように調節したガスコンロの上に水の入ったやかんを置く．そして，ガスコンロの火とセンサの距離を 60cm として，火とセンサ(受光口)との角度を 0°，30°，180°で点火する．

センサに電源として 3V の電源を繋ぎ，それぞれの波形を測定する．　測定する機械はキーエンス製モバイル型絶縁高電圧入力レコーダ NR-2000 とオシロスコープを使用するし，動画としても結果を示す．

５－３．実験結果

結果を以下で示す．グラフの縦軸を電圧[V]とし，横軸を時間[s]とする．

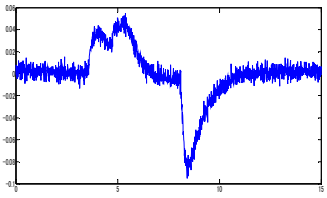

図８　蛍光灯

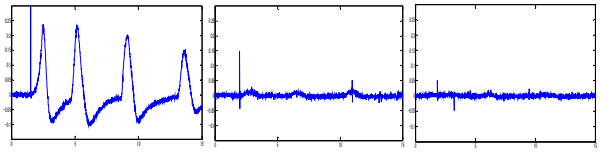

図９　タバコの火種

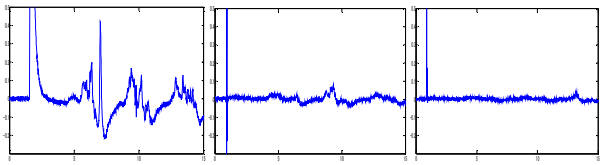

図１０　ガスコンロの火

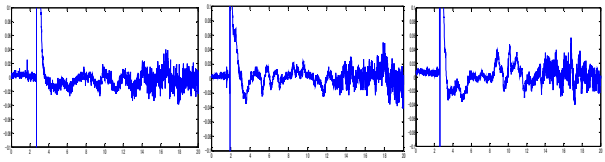

図１１　ガスコンロとやかん

５－４．考察

実験２の結果からそれぞれしっかりと反応していることがわかる．光源とセンサ距離が遠くなるにつれて届く光の量が減るため，値は小さくなっていく．

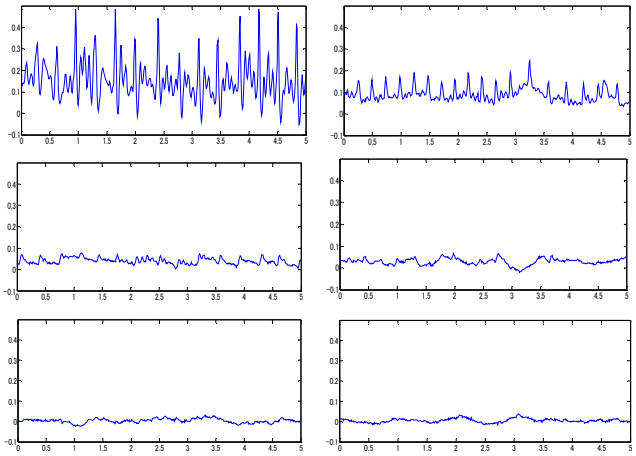

図１２　オイルライター距離別

(10cm 30cm 50cm 70cm 90cm 100cm)

しかし，200cm の距離があったとしても反応することがわかり，実際に使用する場合の設置場所が広がったこととなる．

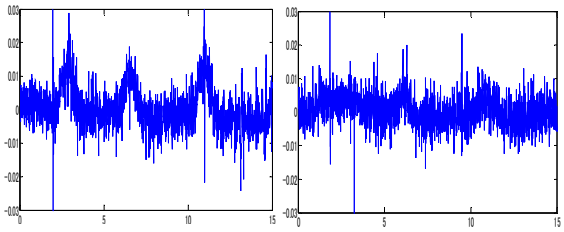

図１３　タバコ 100cm 200cm レンジ拡大

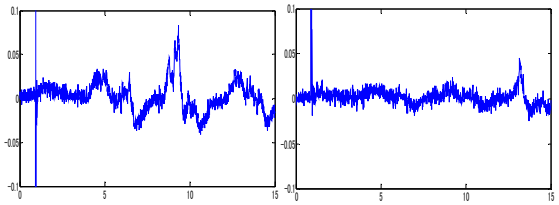

図１４ コンロの火 100cm 200cm レンジ拡大

また， 火とセンサの角度についてはそれぞれの値があまり変わらないことから全方向の志向性があると考えることができるが, 他の要因として火とセンサの周りにある白い壁が光を反射し, その光をセンサが受けていると考えることができる.

６．実験２

６－１．実験目的

今回使用したシリコンマイクで光をとることが出来た. これは半導体や絶縁体が反応して光電するとしているが, シリコンという材料自体が受光している可能性がある[4]. これを確かめるためにシリコン素材を使用していないコンデンサマイクを使用して実験１と同様の実験を行う.

LED の光を測定していく．LED の種類としてシリコンマイクが大きく反応した３つ橙色 605nm，赤色 625nm，赤外線 940nm を使用する.

６－２．実験方法

それぞれの LED を光らせてセンサで測定する．その時 LED をセンサから距離 1cm～10cm の間で動かす.

シリコンマイクにアンプを繋ぎ, それぞれの波形を測定する． なお, 今回測定する機械はキーエンス製モバイル型絶縁高電圧入力レコーダ NR-2000 を使用する.

６－３．実験結果

結果を以下で示す．グラフの縦軸を電圧[V]とし，横軸を時間[s]とする.

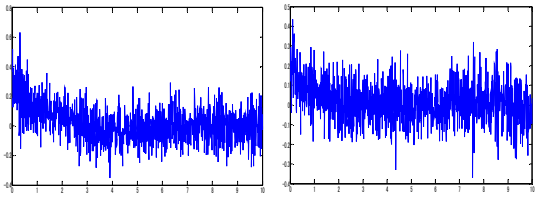

図１５ 橙色 605nm・赤色 625nm

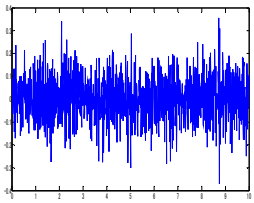

図１７ 赤外線 940nm

６－４．考察

実験結果より，シリコンマイクで反応していた LED はコンデンサマイクでは反応していないことがわかる. これにより, どのマイクにも反応しているというわけではなくシリコン素材が含まれているマイクに反応することがわかる.

７．結論

本研究の目標は, シリコンマイクを用いて光センサを製作し，不完全燃焼である火やタバコを計測する．また，本来計測できる音･低周波により総合センサとして使用できることである.

今回の実験の目的として, この実験ではセンサが光においてどの波長がとりやすいのか, またとりにくいのかを判断するために LED の光を測定していった．また，このことから身近な光源を使用してどのように反応するか調べ, ドアの開閉によっての圧力変動をとることを確認することであった. 結果で示した通り，それぞれで波形をとることが出来，とりやすい波長は橙色や赤色，赤外線とわかった．これにより，このセンサは音，低周波，光をとることがわかり， ３つの特性があるセンサとして使用できる.

参考文献

[1] Iwama Kazuo, Koshiba Toshio,Ohta Shuichi, Yamashita Masahiro, Fujii Masahiko, Sato Yoshinobu “Development of Risk Evalution System”, pp5-10,2007

[2] 総務省消防庁 [http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h24/h24/index.html]

[3] “新量子論”,サイエンハウス, pp28-32,2006

[4] Kensho Okamoto, Junichi Fujita, Kento Watanabe, Kouji Hosokawa ”Invention of the photo-junction transistor” ,pp133-137,2012

[5]”図解でわかるはじめての電気回路”,技術評論社